

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-274490

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

H01S 3/06  
G02B 6/00  
H01S 3/094  
H01S 3/10

(21)Application number : 2000-085059

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 24.03.2000

(72)Inventor : TASHIRO NORIO

AISO KEIICHI

YAGI TAKESHI

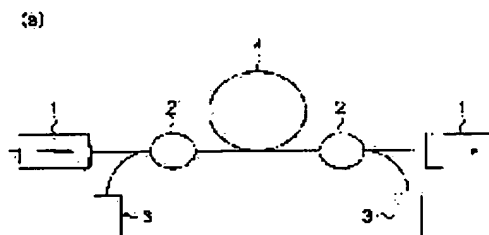
NAMIKI SHU

## (54) OPTICAL AMPLIFIER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve a problem that an EDF must be made short in order to suppress nonlinear optical effect, that the EDF must be made long in order to obtain a high output, that the concentration extinction of Er is generated when the concentration of the EDF is increased, and that the energy efficiency is worsened.

**SOLUTION:** An amplification fiber to which a stimulation light source at 1,440 to 1,510 nm is added and which is doped with at least erbium ions and ytterbium ions is used. By using an amplification fiber to which a stimulation light source at 1,440 to 1,560 nm is added and which is doped with at least erbium ions and ytterbium ions, signal light at least at 1,570 to 1,660 nm is amplified. The optical amplifier which has a low noise characteristic is connected to the side of a signal input. The mol concentration of the ytterbium ions is set at 10 times or more that of the erbium ions.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-274490

(P2001-274490A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

| (51) Int. Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I          | 特許コード (参考)        |
|----------------------------|-------|--------------|-------------------|
| H 0 1 S 3/06               |       | H 0 1 S 3/06 | B 2 H 0 5 0       |
| G 0 2 B 6/00               | 3 7 6 | G 0 2 B 6/00 | 3 7 6 A 5 F 0 7 2 |
| H 0 1 S 3/094              |       | H 0 1 S 3/10 | Z                 |
| 3/10                       |       | 3/094        | S                 |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2000-85059 (P2000-85059)

(22) 出願日 平成12年3月24日 (2000.3.24)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 田代 至男

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 相曾 景一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100076369

弁理士 小林 正治

最終頁に続く

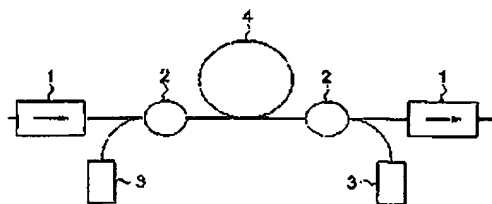
(54) 【発明の名称】 光増幅器

(57) 【要約】

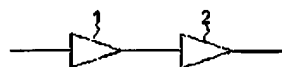
【課題】 非線形光学効果を抑圧するためにはEDFを短尺にする必要があるが、高出力を得るためにはEDFの長くする必要がある。しかしそのためにEDF濃度を高くするとErの濃度消光がおこり、エネルギー効率が悪化する。

【解決手段】 1440nmから1510nmの励起光源と少なくともエルビウムイオンとイットリウムイオンを添加した増幅ファイバを用いた。1440nmから1560nmの励起光源と少なくともエルビウムイオンとイットリウムイオンを添加した増幅ファイバを用いて、少なくとも1570nmから1600nmの信号光を増幅するようにした。信号入力側に低雑音特性の光増幅器を接続した。イットリウムイオンのmol濃度をエルビウムイオンのその10倍以上とした。

(a)



(b)



(2)

特開2001-274490

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】1440nmから1510nmの励起光源と少なくともエルビウムイオンとイッテルビウムイオンを添加した増幅ファイバを用いたことを特徴とする光増幅器。

【請求項2】1440nmから1560nmの励起光源と少なくともエルビウムイオンとイッテルビウムイオンを添加した増幅ファイバを用いた、少なくとも1570nmから1600nmの信号光を増幅することを特徴とする光増幅器。

【請求項3】請求項1又は請求項2記載の光増幅器において、信号入力側に低雑音特性の光増幅器を接続したことを特徴とする光増幅器。

【請求項4】請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の光増幅器において、イッテルビウムイオンがエルビウムイオンの10倍以上のmol濃度であることを特徴とする光増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主に光通信システムに利用される光増幅器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ通信システムにおいてファイバ増幅器は近年急速に実用化されている。特に1530nmから1560nmの信号帯域の増幅器は、増幅媒体であるエルビウムイオン(Er)を光ファイバに添加したエルビウム添加光ファイバ増幅器(Erbium Doped Fiber Amplifier: EDFA)が最も使用されている。その基本構成を図1に示す。図1中の1はアイソレータ、2は励起光と信号光の合波コブラ、3は励起用レーザー、4はEDF(Erbium Doped Fiber)である。EDFには光励起用レーザーによりエネルギーを供給する。レーザーの発振波長は通常はErの吸収帯であり、半導体レーザーが利用できる980nm帯域や1480nm帯域が使用される。1480nm帯域は1440nm付近から1510nm付近まで利用できる。レーザーのエネルギーはある程度のエネルギー効率で信号増幅に使用される。増幅特性は励起波長により異なり、980nm励起した増幅器は量子限界の3dBにせまる低雑音特性が実現可能であり、1480nm励起した増幅器は80%程度の高いエネルギー変換効率が実現可能である。

【0003】伝送容量の大容量化を実現する波長多重伝送の用途では、高出力で効率のよいEDFAが必要となる。必要となるEDFの長さは、入力信号光の強度、信号波長帯域、励起レーザーの出力などにより決定される。信号光の波長数の増加につれて、必要となる励起レーザー強度、EDFの長さはともに増加する。

【0004】しかしEDF長が増加すると、EDF内での非線形光学効果が顕著になってくる。主なものとして4光波混合、相互位相変調などがある。これらの非線形効果は増幅される信号光の品質を劣化させる。また信号波長数の増加により、影響が積和的に増加するので波長多重通信では特に非線形効果を抑制する必要がある。非線形光

2

学効果は次の式1のような有効ファイバ長 $L_{eff}$ で決定される。

【0005】

【式1】

$$L_{eff} = \int_0^L \exp[g(z)z] dz$$

前記式中の $g$ は単位長さ当たりの利得係数、 $L$ はEDFの実際の長さである。

【0006】必要なEDF長を短くするには、Erの濃度を高めて、利得係数をあげる必要がある。しかし、Er濃度を100ppm程度にまで高めると、Erイオンが微粒子を形成し、EDFのエネルギー効率が劣化する濃度消光という問題が生じる。濃度消光を抑圧するためにアルミニウムイオン(Al)を数%程度添加する。

【0007】一方、エルビウムと共にイッテルビウム(Yb)を添加した増幅ファイバ(ErbiumYtterbium Doped Fiber: EYDF)を用いた増幅器が存在する。Ybは800~1100nm付近に広帯域の強い吸収帯をもち、Ybに吸収された光エネルギーは吸収帯の重なっているErにある程度の確率で遷移し、Erを間接的に励起することができる。このことを利用し、980nm付近のレーザー、例えば980nmの高出力な半導体レーザーや1064nmの高出力な固体レーザーなどが励起レーザーとして使用される。従来、EYDFは、これらYbの吸収波長帯域に相当する発振波長を持つレーザーを用いた増幅器として用いられてきた。しかしこれらの増幅器は、YbからErを間接的に励起しているため、エネルギー効率が低いという問題があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、高出力な波長多重伝送用EDFAでは、非線形光学効果を抑制するためEDFの長さを短くする必要があるが、高出力を得るためにはEDFの長さを長くする必要がある。しかしそのためにEDF濃度を高くするとErの濃度消光が起こり、エネルギー効率が悪化する。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、必要とされるEDF長を短くして非線形光学効果を抑制し、高い励起効率を得ることを目的とする。

【0010】本件出願の第1の光増幅器は、1440nmから1510nmの励起光源と少なくともエルビウムイオンとイッテルビウムイオンを添加した増幅ファイバを用いたものである。

【0011】本件出願の第2の光増幅器は、1440nmから1560nmの励起光源と少なくともエルビウムイオンとイッテルビウムイオンを添加した増幅ファイバを用いた、少なくとも1570nmから1600nmの信号光を増幅するものである。

【0012】本件出願の第3の光増幅器は、請求項1又は請求項2記載の光増幅器において、信号入力側に低雑音特性の光増幅器を接続したものである。

(3)

特開2001-274490

3

4

【0013】本件出願の第4の光増幅器は、請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の光増幅器において、イッテルビウムイオンのmol濃度をエルビウムイオンのmol濃度10倍以上としたものである。

【0014】

【発明の実施の形態】（実施形態1）Ybの添加により、Erの濃度消光を抑制する作用があることが後述の実験より確認された。また、Ybは980nm付近の吸収帯を励起すると励起エネルギーはErを間接的に励起する。この吸収帯はErの1480nm帯域よりエネルギーの高い領域なので、1480nm帯域で励起する場合には増幅作用に寄与しない。図2にその概略図を示す。Ybの980nm付近の吸収帯を例えば980nm励起光で励起すると、Erの980nm帯域を間接的に励起し、1550nm帯域を増幅するが、1480nm帯域の励起ではErを直接励起するので、Ybは濃度消光を抑制する作用を持つ。本発明の光増幅器はかかる作用を利用して前記目的を達成するものである。

【0015】図3（a）は本発明による光増幅器の第1の実施形態を示す図であり、図中の1はアイソレータ、\*

\* 2は励起光と信号光の合波カプラ、3は励起レーザー、4はEDFである。この光増幅器は同図に示すように、1480nm帯域の励起レーザー3を2組用いて、EDF4を双方向から励起するものである。発明の効果を確認するために、通常のEDF、高濃度のEDF、さらに高濃度のEYDFについて、Er濃度と、励起光強度合計500mWに対して最適なファイバ長とそのときのエネルギー効率を比較した。その結果を表1に示す。このとき、Ybのmol濃度はErのmol濃度の12.5倍である。このときEYDFは高濃度、短尺で高いエネルギー効率を示し、本発明の効果が確認された。

【0016】1570nmから1600nmの信号帯域では、EDFの利得が小さいので、通常の信号帯域の増幅用のEDF長より数倍の長さが必要とするが、本実施形態に示す光増幅器では、より短尺のEYDFでの増幅が可能である。励起レーザーの波長は1480nm帯域か、1550nm帯域、またはそれらの組み合わせとできる。

【0017】

【表1】

EDFとEYDFの比較

| タイプ             | EDF#1  | EDF#2 | EYDF |
|-----------------|--|-------|------|
| コアホストガラス        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -GeO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> |       |      |
| Erイオン濃度[wt.ppm] | 1000   | 380   | 2000 |
| Ybイオン濃度[wt.％]   | 0  | 0     | 2.5  |
| Δ[％]            | 0.6  | 1.1   | 0.9  |
| 長さ[m]           | 12   | 50    | ?    |
| 励起光波長[nm]       | 1480   |       |      |
| 信号光波長[nm]       | 1560   |       |      |
| エネルギー効率[％]      | 63   | 86    | 76   |

【0018】（実施形態2）図3（b）は本発明の光増幅器の第2の実施形態を示す図であり、図中の1は980nm励起EDFA、2は1480nm励起EYDFAである。前述のように、980nm帯域で励起するEDFAは低雑音特性を示すので、本実施形態に示す光増幅器では図3（b）に示すように、980nm帯域で励起した通常のEDFAを前述のEYDFAの前段に接続し、低雑音で高出力の光増幅器を構成したものである。

【0019】

【発明の効果】本発明の光増幅器によれば短尺EDFを用いて非線形効果を抑制した、効率のよい光増幅器が実現される。

※40

※【図面の簡単な説明】

【図1】光増幅器の基本構成を示す図。

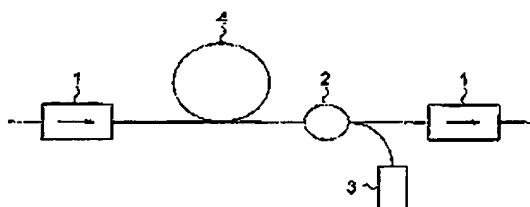
【図2】エネルギーレベルの概略図。

【図3】（a）は本発明の光増幅器の第1の実施形態を示す図、（b）は本発明の光増幅器の第2の実施形態を示す図。

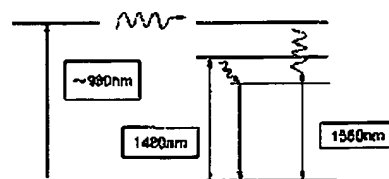
【符号の説明】

- 1 アイソレータ
- 2 励起光と信号光の合波カプラ
- 3 励起レーザー
- 4 EDF

【図1】



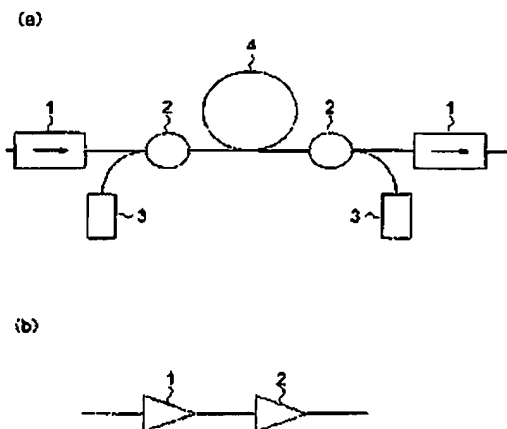
【図2】



(4)

特開2001-274490

【図3】




---

フロントページの続き

(72)発明者 八木 健  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

(72)発明者 並木 昭  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

Fターム(参考) 2H050 AB18X AB20X AC03 AC71  
AD00  
5F072 AB09 AK06 JJ02 JJ20 PP07  
YY17